



04-30-04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:  
**Ralf Böhnig et al.**

Serial No.: 10/790,424

Filing Date: **March 1, 2004**

Title: **Method for Detecting Rotational  
Speed**

§  
§ Group Art Unit: **unknown**  
§  
§ Examiner: **unknown**  
§  
§  
§ Attny. Docket No. **071308.0509**  
§ Client Ref.: **2001P03890WOUS**  
§

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

EXPRESS MAIL LABEL: EV449864277US  
DATE OF MAILING: APRIL 29, 2004

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application 101 43 954.7 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,  
BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: April 29, 2004

By:   
Andreas H. Grubert  
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)  
One Shell Plaza  
910 Louisiana Street  
Houston, Texas 77002-4995  
Telephone: 713.229.1964  
Facsimile: 713.229.7764  
AGENT FOR APPLICANTS

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 43 954.7

**Anmeldetag:** 7. September 2001

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Drehzahlerfassungsverfahren

**IPC:** F 02 D, G 01 P

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 8. April 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Sle'.

Stremme

## Beschreibung

## Drehzählerfassungsverfahren

5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Drehzähler-  
fassung einer Brennkraftmaschine, bei dem ein mit einer Kur-  
belwelle verbundenes Sektorenrad abgetastet wird und die  
Zeitdauer eines Durchlaufs eines Segmentes bestimmter Größe  
des Sektorenrades bestimmt wird, um einen Drehzahlwert zu er-  
10 mitteln.

Derartige Drehzählerfassungsverfahren sind bei Brennkraftma-  
schinen üblich, wobei normalerweise ein an einer Kurbelwelle  
angebrachtes Zahnrad mit 60 Zähnen abgetastet wird. Da infol-  
15 ge des Arbeitsprinzips einer Brennkraftmaschine mit ständigem  
Wechsel zwischen Kompression und Expansion des Arbeitsgases  
die Drehzahl nicht konstant ist, sondern von einer periodi-  
schen Schwingung überlagert ist, die insbesondere von unter-  
schiedlichen Momentenbeiträgen einzelner Zylinder einer Mehr-  
20 zylinder-Brennkraftmaschine herrühren können, wird bei der  
Drehzählerfassung üblicherweise eine zeitliche Mittelung vor-  
genommen. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass  
mehrere Zähne des Zahnrades abgetastet werden. Je größer die  
Zahl an abgetasteten Zähnen ist, desto freier ist der ermit-  
25 telte Drehzahlwert von Beeinflussungen durch die periodischen  
Schwingungen. Mit der Verkürzung des abgetasteten Sektors  
steigt die Fehlerbeeinflussung durch diese Schwingungen.

Da die Zeitdauer des Segment-Durchlaufes erst am Ende des  
30 Segmentes zur Verfügung steht, ist der Drehzahlwert zwangs-  
läufig mit einer gewissen Totzeit behaftet. Darüber hinaus  
bewirkt die Erfassung eines Segmentes des Sektorenrades eine

gewisse Mitteilung, was sich auf die Dynamik des Drehzahlsignals negativ auswirkt.

Die Mittelung bei der Drehzahlerfassung stellt eine Tiefpassfilterung dar. Dadurch gibt der aktuell vorliegende Drehzahlwert die tatsächliche Drehzahl der Brennkraftmaschine nicht exakt wieder; schnelle Drehzahländerungen finden erst mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung im Drehzahlwert Niederschlag.

10

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Drehzahlerfassung bei einer Brennkraftmaschine anzugeben, bei dem die momentane Drehzahl der Brennkraftmaschine ohne zeitliche Verzögerungen exakt bestimmt werden kann.

15

Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine, bei dem ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes Sektorenrad abgetastet wird, ein Durchlauf eines bestimmten Segmentes des Sektorenrades erfasst und die Zeitdauer dieses Segment-Durchlaufes gemessen und daraus ein Drehzahlwert bestimmt wird, wiederholt ein Durchlauf eines bestimmten Teils des Segmentes erfasst und die Zeitdauer dieses Teilsegment-Durchlaufes gemessen wird, eine relative Änderung der Zeitdauer des Teilsegment-

20

Durchlaufes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchläufen des bestimmten Teil des Segmentes ermittelt wird und die relative Änderung verwendet wird, um den Drehzahlwert zu korrigieren.

25

30

Das erfindungsgemäße Konzept bestimmt also weiterhin einen Drehzahlwert aus der Zeitdauer des Durchlaufes eines bestimmten Segmentes des Sektorenrades. Die Breite bzw. Größe des Segmentes bedingt dabei eine Mittelung sowie eine Totzeit,

wodurch dieser Drehzahlwert noch nicht die gewünschte Aktualität aufweist.

Erfindungsgemäß wird deshalb zusätzlich die Zeitdauer eines  
5 Teilsegment-Durchlaufes erfasst und ausgewertet. Aus dem Verhältnis der Änderungen dieser Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilsegment-Durchläufen ist eine Korrektur des Drehzahlwertes möglich, wodurch im Vergleich zur konventionellen Tiefpassfilterung oder Mittelwertbildung ein nahezu  
10 totzeitfreies Drehzahlsignal erhalten wird. Ein solches Signal wirkt sich auf die dynamischen Eigenschaften verschiedener Regelkreise beim Betrieb einer Brennkraftmaschine (z.B. Regelung der Leerlaufdrehzahl) vorteilhaft aus.

15 Dadurch, dass die relative Änderung der Zeitdauer des Teilsegment-Durchlaufes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchläufen des bestimmten Teilsegmentes zur Korrektur des Drehzahlwertes verwendet wird, wird eine Information über die periodische Wiederkehr segmentspezifischer Schwingungen bei der  
20 Bildung des Drehzahlwertes einbezogen. Dadurch ist eine nahezu totzeitfreie Auswertung des Drehzahlsignals möglich.

Bei einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine leisten die einzelnen Zylinder durch Fertigungstoleranzen bedingt in der Regel  
25 unterschiedliche Momentenbeiträge. Dies kann zwar durch eine entsprechende Zylinderausgleichsregelung teilweise ausgeglichen werden, jedoch führt die Drehzahl der Brennkraftmaschine auch dann eine periodische Schwingung aus, die durch die unterschiedlich momentenliefernden Arbeitsspiele der einzelnen  
30 Zylinder bedingt sind. Dabei kann man annehmen, dass eine sich ausbildende Profilform des Drehzahlverlaufes im Vergleich zu einem vorangegangenen Segment unverändert bleibt. Die Drehzahlkorrektur im erfindungsgemäßen Verfahren sollte

deshalb bei einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine vorzugsweise zylinderindividuell ausgebildet sein, indem die Zeitdauer für den Durchlauf verschiedener Teilsegmente bestimmt wird, wobei jedes Teilsegment in einem Arbeitstakt eines anderen  
5 Zylinders liegt.

Die Anzahl der verschiedenen Teilsegmente hängt von der Zylinderzahl der Brennkraftmaschine ab. Bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine wird man vier verschiedene Teilsegmente  
10 auswählen. Abweichungen in der erwähnten Profilform, die aus Unterschieden zwischen den einzelnen Zylindern resultieren, können somit durch die Erfassungen der Zeitdauern der Durchläufe verschiedener Teilsegmente kompensiert werden.

15 Die Erfassung der relativen Änderung ermöglicht es, die Totzeit bei der Drehzahlwertbestimmung zu vermeiden. Die Verknüpfung der relativen Änderung mit dem Drehzahlwert, um einen entsprechenden korrigierten Drehzahlwert zu erhalten, kann dabei auf viele geeignete Arten durchgeführt werden.  
20 Beispielsweise ist es möglich, die relative Änderung in einen additiven Korrekturfaktor umzusetzen, beispielsweise mittels eines Kennfeldes. Es hat sich jedoch überraschenderweise herausgestellt, dass die relative Änderung auf einfache Weise multiplikativ mit dem Drehzahlwert verknüpft werden kann, um  
25 die geeignete Korrektur zu bewirken.

Zur erfindungsgemäßen Korrektur wird die zeitliche Änderung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchläufen eines bestimmten Teilsegmentes verwendet. Es zeigte sich jedoch weiter,  
30 dass auch die zeitliche Änderung des Drehzahlwertes selbst gewisse kurzperiodische Einflüsse wiedergibt. Es ist deshalb zu bevorzugen, ein Verfahren einzusetzen, bei dem wiederholt die Zeitdauer des Segment-Durchlaufes erfasst und aus zwei

aufeinanderfolgend ermittelten Drehzahlwerten ein Drehzahlwert-Verhältnis gebildet wird, dann zylinderindividuell die relative Änderung ermittelt wird, und ein zylinderindividueller Korrekturfaktor berechnet wird, in dem die relative Änderung durch das Drehzahlwert-Verhältnis dividiert wird. Dieser zylinderindividuelle Korrekturfaktor kann nun multiplikativ mit dem Drehzahlwert verknüpft werden.

10 Diese Weiterbildung berücksichtigt vorteilhafterweise den zeitlichen Verlauf des Drehzahlwertes, wodurch eine höhere Stabilität des Verfahrens erreicht wird. Der Korrekturfaktor wird zylinderindividuell ermittelt, d.h. jeweils für einen Durchlauf eines Teilsegments, das im Arbeitstakt eines entsprechenden Zylinders liegt.

15 Die Stabilität kann weiter verbessert werden, indem der zylinderindividuelle Korrekturfaktor tiefpassgefiltert wird. Zugleich wird dadurch eine gewisse Lernfunktion bewirkt, da die Tiefpassfilterung auch in vorangegangenen Durchführungen des Verfahrens ermittelte Werte der zylinderindividuellen Korrekturfaktoren berücksichtigt.

20 Optional oder zusätzlich kann dies auch dadurch erreicht werden, indem die relative Änderung selbst tiefpassgefiltert wird.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung beispielhaft noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

30

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine, deren Drehzahl erfasst werden soll,

Fig. 2 eine Zeitreihe des Drehzahlverlaufs einer Brennkraftmaschine und

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Drehzahlerfassung.

In Fig. 1 ist schematisch eine Brennkraftmaschine 1 gezeigt, deren Betrieb über nicht näher bezeichnete Leitungen von einem Steuergerät 2 gesteuert wird. Dieses Steuergerät 2 ermittelt Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, beispielsweise die Drehzahl  $N$  sowie die Last, und teilt der Brennkraftmaschine 1, bei der es sich im schematisch dargestellten Beispiel um eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine handelt, eine Kraftstoffmenge zu, die zur Abwicklung des Betriebs erforderlich ist.

Die Brennkraftmaschine 1 versetzt eine Kurbelwelle 3 in Drehung, die ein (nicht dargestelltes) Kraftfahrzeug antreibt. Auf der Kurbelwelle 3 sitzt ein Sektorenrad 4, das 60 Zähne aufweist. Die Zähne des Sektorenrades 4 werden von einem Induktiv- oder Hall-Sensor 5 abgefühlt, der seine Signale über nicht bezeichnete Leitungen an das Steuergerät 2 leitet.

Aus den Signalen des Sensors 5 bestimmt das Steuergerät 2 die für die Steuerung des Betriebes der Brennkraftmaschine 1 erforderliche Information über die Drehzahl  $N$ . Dazu greift das Steuergerät 2 in einem noch zu beschreibenden Verfahren zur Drehzahlerfassung auf ein Korrekturmodul 6 zu, das bei der Bestimmung der Drehzahl eine noch zu erläuternde Korrektur ausführt. Dabei kann das Korrekturmodul 6 auch als Softwaremodul für einen im Steuergerät 2 befindlichen Mikroprozessor ausgebildet sein.



Für den Betrieb der Brennkraftmaschine 1 benötigt das Steuergerät 2 Kenntnis der aktuellen Drehzahl  $N$  der Kurbelwelle 3. Diese Information ist beispielsweise bei der Bestimmung der in die Zylinder der Brennkraftmaschine 1, die im vorliegenden  
5 Beispiel eine Dieselmotorkraftmaschine ist, einzuspritzende Kraftstoffmenge sowie der Wahl des Einspritzzeitpunktes erforderlich. Die Drehzahlinformation sollte deshalb für einen optimalen Betrieb der Brennkraftmaschine zu dem Zeitpunkt, zu dem die Einspritzung durchgeführt wird, möglichst aktuell  
10 sein und der tatsächlichen Drehzahl  $N$  der Kurbelwelle 3 entsprechen.

Der Drehung der Kurbelwelle 3 sind periodische Drehzahl-schwingungen überlagert, die von unterschiedlichen Momenten-  
15 beiträgen der einzelnen Zylinder der Vierzylinder-Brennkraftmaschine 1 herrühren.

Diese Schwankungen sind in Fig. 2 gut zu erkennen, in der die Drehzahl  $N$  über der Zeit  $t$  als Drehzahlverlauf 7 eingetragen  
20 ist. Weiter ist die mittlere Drehzahl 10 als dünne Linie in den Graphen der Fig. 2 eingezeichnet.

Während eines Segmentes des Sektorenrades 4, dessen Breite in Fig. 2 mit 8 eingezeichnet ist, schwankt ersichtlich die  
25 Drehzahl. Dies führt dazu, dass während eines Teilsegmentes, dessen Teilsegmentbreite in Fig. 2 mit 9 veranschaulicht ist, eine Drehzahl  $N$  vorliegt, die nicht der mittleren Drehzahl entspricht.

30 Um nun die Drehzahl genau zu bestimmen, wird die Durchlaufzeit des Segmentes mit der Segmentbreite 8 erfasst, indem die Zeit gemessen wird, die der Durchlauf der entsprechenden Zähne des Segmentes 4 an der Gabellichtschranke 5 dauert, gemessen

sen wird. Wird dabei der Durchlauf aller 60 Zähne erfasst, stellt die ermittelte Durchlaufzeit direkt den Kehrwert der Drehfrequenz der Kurbelwelle 3 dar. Im vorliegenden Fall wird jedoch davon ausgegangen, dass das Segment, dessen Durchlaufzeit bestimmt wird, 30 Zähne umfasst. Die somit gemessene Durchlaufzeit  $T_{30\_n}$  müsste deshalb mit 2 multipliziert werden, bevor durch Kehrwertbildung die Drehfrequenz erhalten werden kann. Im vorliegenden Fall wird jedoch der Einfachheit halber als Drehzahlwert direkt der Quotient aus Anzahl der Zähne im Segment (30 bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine) und Durchlaufzeit des Segmentes verwendet.

Zusätzlich zu der derart erfolgenden Bestimmung eines Drehzahlwertes wird der Durchlauf des Teilsegments mit der Teilsegmentbreite 9 gemessen, das in Fig. 2 jeweils zwischen der dünngestrichelten Linie 11 und der dickgestrichelten Line 12 liegt. Die dabei ermittelte Zeitdauer  $T_{a\_n}$  eines Teilsegment-Durchlaufs wird, wie nachfolgend noch näher erläutert wird, zur Korrektur des ermittelten Drehzahlwertes herangezogen. Dazu wird die Zeitdauer  $T_{a\_n}$  des Teilsegment-Durchlaufs fortwährend erfasst, ebenso wie die Zeitdauer  $T_{30\_n}$  des Segment-Durchlaufs.

Nachfolgend bezeichnet das den Bezugszeichen angefügte Element  $n$  bzw.  $n-1$ , ob die jeweilige Größe beim aktuellen Durchlauf des Sektorenrades oder beim vorherigen Durchlauf bestimmt wurde. Dieses Element stellt also einen Laufindex dar.

Zur Bestimmung der Drehzahl wird das in Fig. 3 schematisch dargestellte Verfahren durchgeführt. Zuerst wird in einem Schritt  $S_0$  die Zeitdauer  $T_{a\_n-1}$  eines Teilsegment-Durchlaufes ermittelt und abgespeichert. Anschließend wird in einem

Schritt S1 die Zeitdauer T30\_n eines Segment-Durchlaufs erfasst. Anschließend wird in einem Schritt S2 ein Verhältnis r\_n bestimmt, das durch den Bruch aus Ta\_n-1 und T30\_n nach folgender Gleichung erhalten wird:

5

$$r_n = \frac{T_{a\_n-1}}{T_{30\_n}} \quad (1)$$

10 Die Schritte S0 bis S2 werden fortlaufend durchgeführt, wobei jeweils die letzten zwei Werte einer jeden Größe in einem Speicher vorgehalten werden.

In einem Schritt S3 wird anschließend ein Korrekturfaktor k  
15 nach folgender Gleichung berechnet:

$$k = \frac{r_n}{r_{n-1}} \quad (2)$$

20

Solche Korrekturfaktoren k werden für mehrere Teilsegmente ermittelt, wobei die einzelnen Teilsegmente so gewählt sind, dass zu jedem Arbeitsspiel einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine genau ein Teilsegment gegeben ist.

25

In einem Schritt S4 erfolgt anschließend die entsprechende Zylinderzuordnung der aktuellen Korrekturfaktorwerte, so dass bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine vier Korrekturfaktoren k1 bis k4 vorliegen. Im allgemeinen entspricht die Anzahl an Korrekturfaktoren ki der Zylinderanzahl der Brennkraftmaschine 1.

30

Nun werden die Korrekturfaktoren  $k_i$  in einem Schritt S5 einer Tiefpassfilterung unterzogen, so dass ein entsprechender Satz an tiefpassgefilterten Korrekturfaktoren  $K_1$  bis  $K_4$  vorliegt.

- 5 Zur Berechnung der Drehzahl wird in einem Schritt S6 mit nachfolgender Gleichung ein erster Drehzahlwert ermittelt

$$v_n = \frac{30}{T_{a_n}} \cdot r_n \quad (3),$$

10

der anschließend in einem Schritt S7 durch Multiplikation mit dem zylinderindividuellen, tiefpassgefilterten Korrekturfaktor  $K_i$  korrigiert wird.

15

$$V_n = v_n \cdot K_i \quad (4).$$

Dabei wird zur Korrektur derjenige Korrekturfaktor  $K_i$  des Satzes an Korrekturfaktoren verwendet, der demjenigen Zylinder zugeordnet ist, dessen Teilsegment-Durchlauf als letzter gemessen wurde, der mithin als letzter in die Berechnung der Drehzahl  $v_n$  einging.

20

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine, bei dem

- 5 a) ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes Sektorenrad abgetastet wird,  
b) ein Durchlauf eines bestimmten Segmentes des Sektorenrades erfasst und die Zeitdauer dieses Segment-Durchlaufes gemessen und daraus ein Drehzahlwert bestimmt wird,  
10 c) wiederholt ein Durchlauf eines bestimmten Teils des Segmentes erfasst und die Zeitdauer dieses Teilsegment-Durchlaufes gemessen wird und eine relative Änderung der Zeitdauer des Teilsegment-Durchlaufes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchläufen des bestimmten Teil des Segmentes  
15 ermittelt wird und  
d) die relative Änderung verwendet wird, um den Drehzahlwert zu korrigieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Drehzahl einer

- 20 Mehrzylinder-Brennkraftmaschine bestimmt wird und in Schritt c) für vier verschiedene Teilsegmente ausgeführt wird, wobei jedes Teilsegments in einem Arbeitstakt eines anderen Zylinders liegt.

- 25 3. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die relative Änderung multiplikativ mit dem Drehzahlwert verknüpft wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem

- 30 - Schritt b) wiederholt ausgeführt und ein Drehzahlwert-Verhältnis zwischen zwei aufeinanderfolgend bestimmten Drehzahlwerten gebildet wird,  
- zylinderindividuell die relative Änderung ermittelt wird,

- ein zylinderindividueller Korrekturfaktor berechnet wird,  
in dem die relative Änderung durch das Drehzahlwert-  
Verhältnis dividiert wird, und

- in Schritt d) der zylinderindividuelle Korrekturfaktor mul-  
5 tiplikativ mit dem Drehzahlwert verknüpft wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der zylinderindividuel-  
le Korrekturfaktor tiefpassgefiltert wird.

10 6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die re-  
lative Änderung tiefpassgefiltert wird.

## Zusammenfassung

### Drehzählerfassungsverfahren

- 5 Zur Bestimmung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine (1) wird ein von der Brennkraftmaschine (1) angetriebenes Sektorenrad (4) abgetastet, ein Durchlauf eines bestimmten Segmentes des Sektorenrades erfasst und aus der Zeitdauer dieses Durchlaufs ein Drehzahlwert bestimmt, wiederholt die Dauer des Durchlauf
- 10 eines bestimmten Teilsegmentes gemessen und eine relative Änderung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilsegment-Durchläufen ermittelt und damit der Drehzahlwert korrigiert.

15 Figur 1

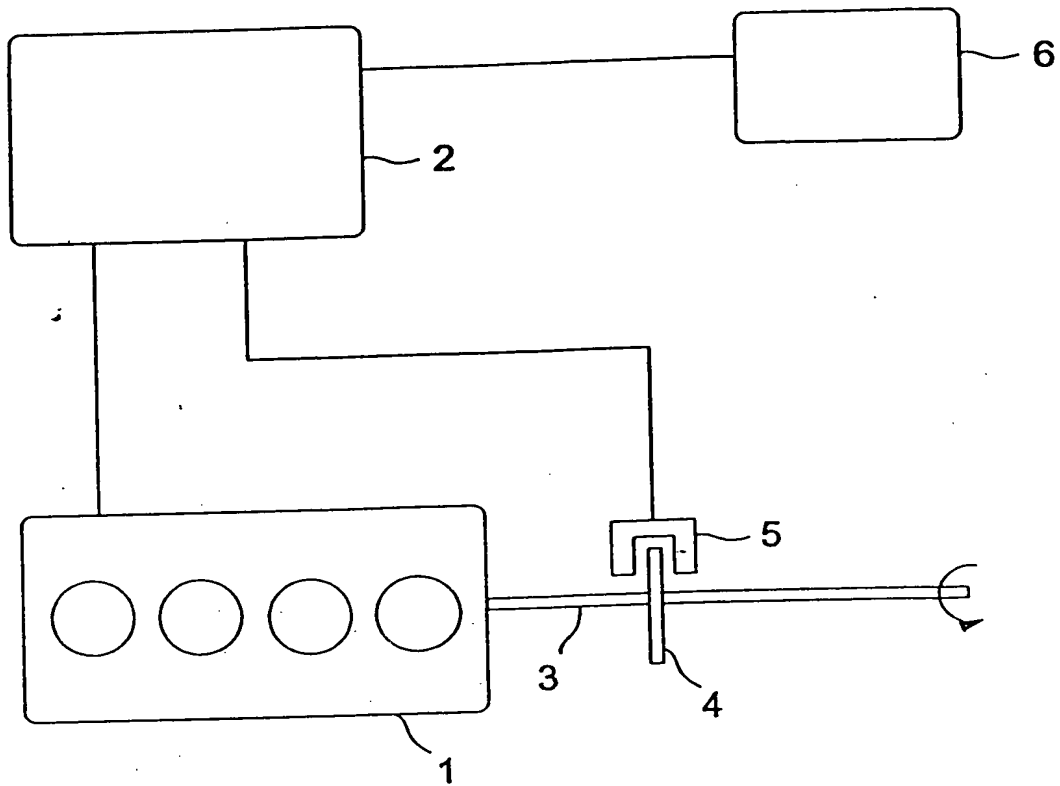
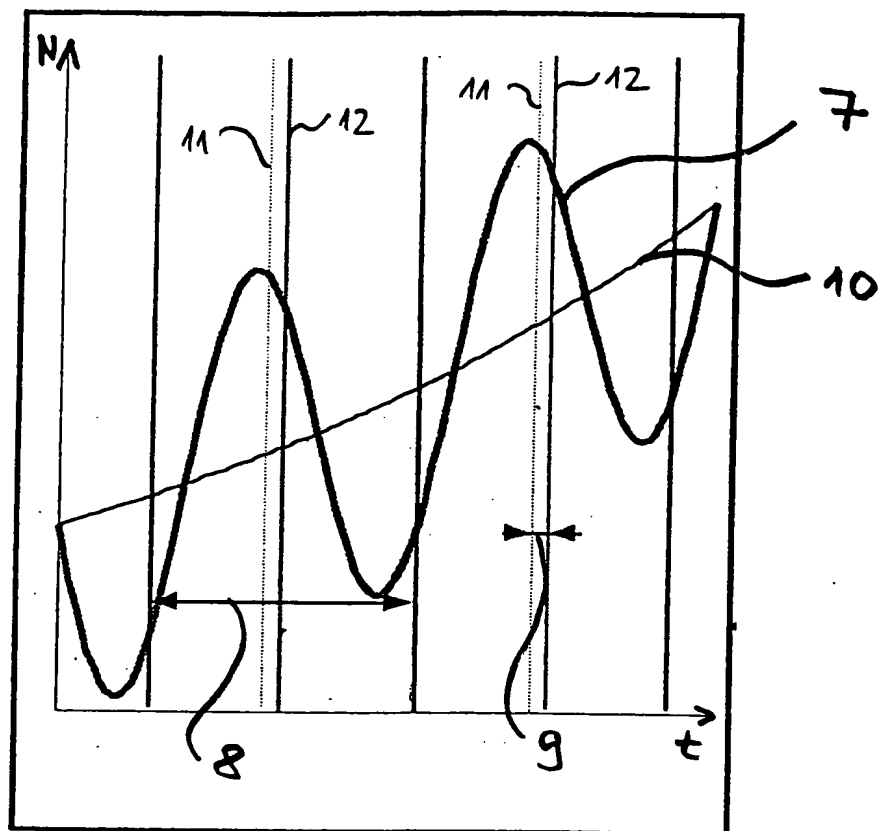
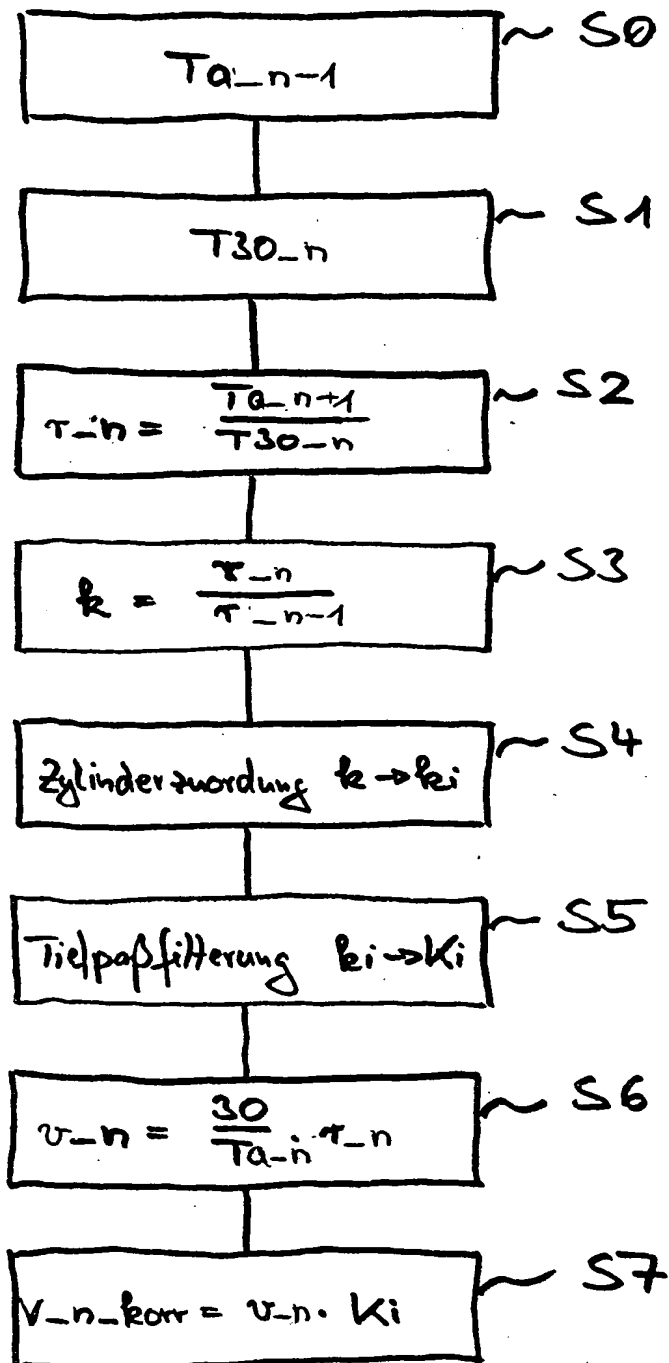


Fig. 1



Fig. 2

Fig. 3